ГЛИССИРОВАНИЕ И ПОЛЕТ НАД ЭКРАНОМ У ЖИВОТНЫХ

А. Б. Кистяковский

(Киевский государственный университет)

Вопрос о формах движения у животных разработан в общем хорошо. Однако почему-то в существующих работах не рассматривается такая распространенная форма движения, как глиссирование, т. е. скольжение по поверхности воды. То же самое надо сказать и о полете над экраном с использованием образующейся при этом своеобразной воздушной подушки. Между тем эти формы движения представляют большой интерес, так как среди наших транспортных средств имеются или могут быть сконструированы модели с принципиально сходным движением, и, значит, здесь можно найти, чему поучиться у природы.

Материал, изложенный ниже, надо рассматривать как предварительное сообщение, поскольку в настоящее время нет еще данных для количественной характеристики рассматриваемых форм движения. Цель настоящего сообщения — привлечь внимание к изучению этих проблем, имеющих, несомненно, практическое значение.

У некоторых насекомых и других беспозвоночных наблюдается скольжение по воде с использованием пленки поверхностного натяжения. Очевидно, такое глиссирование не представляет интереса для моделирования, поскольку оно возможно только при минимальном весе животного. Значительно больший интерес представляет настоящее глиссерное движение, осуществляемое некоторыми рыбами и водоплавающими птицами, а в прошлом свойственное, по-видимому, ихтиозаврам.

Различные виды летучих рыб перед отрывом от воды и переходом к планирующему полету несколько метров или даже несколько десятков метров скользят по воде.

Летучая рыба взлетает следующим образом (рис. 1). Сначала она сильными движениями хвостового плавника при прижатых парных плавниках развивает скорость, достаточную для частичного выхода из воды. При этом передняя часть туловища поднимается над водой и грудные плавники разворачиваются и образуют несущие плоскости. Затем рыба продолжает двигаться, увеличивая скорость с помощью быстрых и мощных ударов хвостового плавника. На этой стадии, которая и является своеобразной формой глиссерного движения, работу выполняет нижняя лопасть (заметно более развитая у всех настоящих летучих рыб — Exocoetidae) хвостового плавника, а его верхняя часть находится уже над водой; брюшные плавники остаются прижатыми к телу, а грудные вибрируют, видимо, в результате сокращений мускулатуры тела. В момент взлета распускаются также брюшные плавники и рыба, окончательно оторвавшись от воды, переходит к планирующему полету. Перед отрывом от воды летучая рыба развивает скорость около 18 *м/сек*. Полет обычно продолжается всего несколько секунд, в течение которых рыба пролетает 20—40 *м* (изредка длительность полета достигает 10 сек., а дальность — 200 *м*). Указания о более длительных и дальних полетах приходится принимать с осторожностью. Закончив полет, рыба не всегда исчезает под водой; часто, коснувшись воды, она снова начи-

нает работать хвостом, возобновляя глиссерное движение с дальнейшим переходом на планирование.

По данным Гобса (Hubbs, 1933), наблюдавшего 299 полетов, в 55% случаев полет заканчивается после первого касания воды, в 21% рыбы совершают два взлета, в 10% — три и в 8% — четыре. Наибольшее число взлетов, следующих один за другим — 12. И в полете и во время глиссерной формы движения летучие рыбы могут менять направление и двигаться не прямо, а по дуге.

Южноамериканские пресноводные рыбы, относящиеся к нескольким родам сем. Characinidae, например к роду *Thoracharax,* двигаются по поверхности воды, ударяя грудными плавниками и разрезая воду груд-

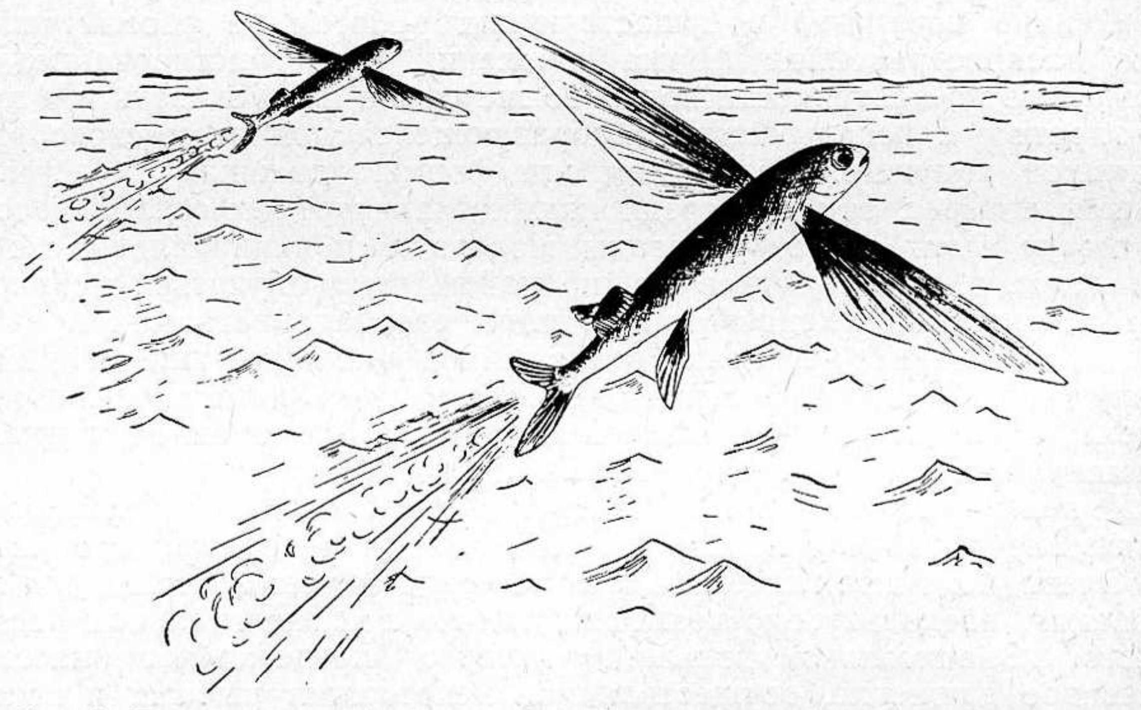


Рис. 1. Полет летучих рыб рода *Cypselurus* над поверхностью воды с использованием движений хвостового плавника в воде.

ным килем (рис. 2). После пробежки по воде на расстояние около 12—13 *м* они поднимаются в воздух и пролетают 2—4 *м* машущим полетом. Аналогичные формы глиссирования по поверхности воды наблюдаются у других харацинид. Все они имеют развитый грудной киль, к которому прикрепляются мощные мышцы грудных плавников, служащих основным движителем при глиссировании этих рыб. Имеются также данные, что рыбы рода *Tylosurus,* не имеющие приспособлений к полету, глиссируют на расстояние до 200 *м*, почти полностью выходя из воды.

Специальные приспособления к глиссерному движению по поверхности воды имеются у утиных и некоторых других водоплавающих птиц.

У всех диких уток полностью смещен порядок развития крупного оперения в онтогенезе. У представителей всех отрядов птиц, кроме водоплавающих, развитие маховых перьев значительно опережает развитие рулевых. Ко времени приобретения способности к полету птицы имеют полностью отросшие маховые перья, а рулевые в это время еще частично находятся в чехлах и обычно их длина не превышает половины длины отросших перьев. Такой порядок развития крупного оперения обеспечивает максимальное сокращение сроков нелетности птенцов, а это имеет большое значение для повышения выживаемости молоди.

У птенцов утиных, а также у бакланов и, возможно, некоторых других водоплавающих птиц к тому времени, когда рулевые перья полностью

отрастают, маховые находятся еще в зачаточном состоянии в нераскрывшихся чехлах. Такое раннее развитие рулевых перьев было бы совсем непонятно, если не учитывать их роли в глиссерных движениях птенцов. Полуоперившиеся птенцы, будучи застигнутыми врагом на открытом плесе, бросаются к зарослям, применяя глиссирование, причем основную работу выполняют крылья, поворачивающиеся вокруг продольной оси почти на 90° — передним краем вниз, зачатками маховых перьев вверх. В таком положении крылья выполняют функцию ластов. Дополнительным движителем служат лапы. Хвост при таком глиссер-

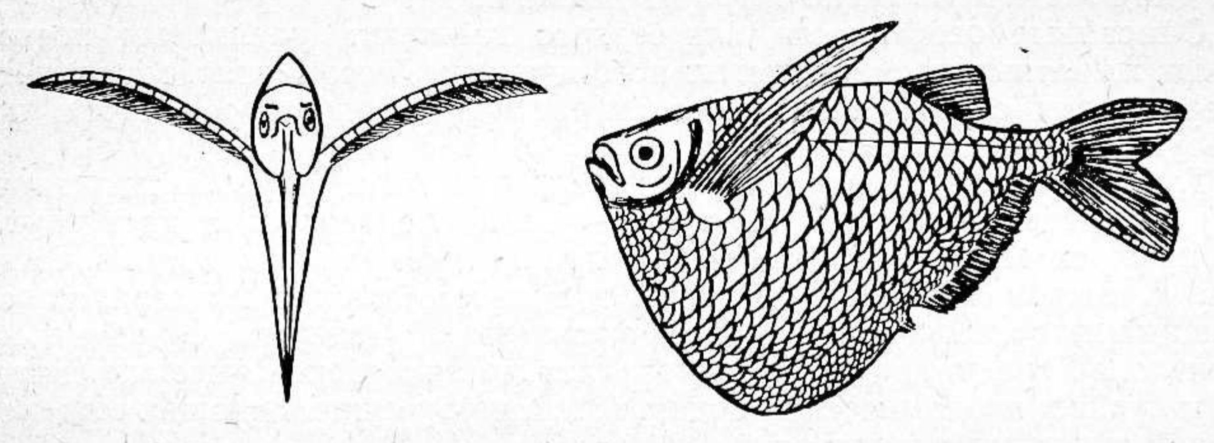


Рис. 2. Южноамериканская пресноводная рыба рода *Thoracnarax*, использующая грудные плавники в качестве движителя при глиссировании и полете.

ном движении опускается вниз и рулевые перья, соприкасаясь с поверхностью воды под значительным углом атаки, выполняют роль подводного крыла или редана глиссера. Благодаря такой работе хвоста наиболее тяжелая задняя часть тела птенца поднимается и скользит, едва касаясь поверхности воды. Птенцы чирков-трескунков (*Anas querquedula* L.) и крякв (*Anas platyrhyncha* L.) развивают при этом скорость, достигающую по глазомерным определениям 8—10 *м/сек*. Молодые нелетные большие крохали (*Mergus merganser* L.) в случае опасности легко преодолевают глиссированием скорость течения бурных горных потоков и с необыкновенной быстротой скрываются за поворотом реки. По-видимому, молодые крохали развивают при глиссерном движении значительно бóльшую скорость, чем речные утки.

Взрослые утки также применяют глиссерное движение, но только при особых обстоятельствах. Так, самки уток, отводящие от выводка, используют эту форму движения, симулируя ранение. Наблюдая за таким движением утки, можно хорошо заметить поворот крыла, при котором маховые перья направлены почти прямо вверх, а воду загребает передний край крыла. Раненые утки с перебитым кончиком крыла этим же способом пытаются уйти от охотника, но, естественно, не могут развить полной скорости. Во время линьки, когда вследствие одновременного выпадения маховых перьев утки утрачивают способность к полету, смена рулевых перьев у них еще не начинается, что позволяет линным уткам применять глиссирование, спасаясь от преследования. Эту форму движения можно наблюдать и у домашних уток, однако общая физическая деградация (связанная с одомашнением) сказывается на скорости их движения: она значительно уступает быстроте движения диких уток. Южноамериканская утка-пароход полностью утратила способность к полету и использует только глиссирование.

По-видимому, глиссерное движение по воде применяют и другие водоплавающие птицы. У птенцов хохлатых бакланов также наблюда-

ется опережение развития рулевых перьев по сравнению с маховыми. При опасности они выскакивают из гнезд в воду, где могут передвигаться и по ее поверхности.

Несколько отличается скольжение по поверхности воды у лысух и поганок. У первых хвост, по-видимому, при этом не играет существенной роли, он развит слабо, а вторые вообще не имеют жестких рулевых перьев. Задняя часть тела поддерживается у них на плаву с помощью работы лап, ударяющих по поверхности воды. Крылья являются и тут основным движителем: хлопая ими по воде, птицы развивают необходимую для взлета начальную скорость движения.

Описанные особенности глиссерного движения различных позвоночных животных после их детального изучения, несомненно, могут дать материал для совершенствования скоростного водного транспорта, использующего тот же принцип движения.

Глиссирование летучих рыб с расправленными грудными плавниками подсказывает новый тип судов — не на подводных, а на воздушных крыльях. Такой тип движения, при котором только задняя часть судна с винтом касалась бы воды, а весь его корпус поддерживался несущими плоскостями в воздухе, очевидно, значительно сократит сопротивление среды движению и позволит достичь более высоких скоростей и лучших экономических показателей, чем у существующих моделей судов на подводных крыльях.

Подобный экранолет в настоящее время построен в Японии и других странах, однако моделирование приспособлений для движения на воздушных крыльях, подобных плавникам летучих рыб, несомненно, позволит усовершенствовать такие экранолеты.

Как сказано выше, летучие рыбы и некоторые птицы, сделав разгон по поверхности воды, переходят к полету. У летучих рыб и у ряда видов птиц преобладает полет над самой поверхностью воды, выполняющей роль экрана, заметно усиливающего подъемную силу благодаря эффекту воздушной подушки.

Летучие рыбы родов *Exocoetus, Cypselurus* и другие летят планирующим полетом над самой поверхностью воды, иногда даже касаясь лопастью хвоста поверхности. Они повторяют все изгибы волн, если на море есть волнение. Иногда рыбы поднимаются на 1/2—1 *м* выше — ведь им приходится спасаться от дорад и других хищных рыб. Восходящие токи воздуха вблизи борта корабля нередко забрасывают их на палубу на высоту до 4—5 *м*. Такой полет продолжается, как уже упоминалось, до 10—15 сек. и дальность его достигает 200 *м*. Разгон осуществляется по поверхности воды, а планирующий полет происходит только за счет приобретенной раньше скорости без работы плавников. То, что летучая рыба обычно летит над поверхностью воды, свидетельствует об использовании ею увеличенной подъемной силы при движении над экраном на воздушной подушке. Машущий полет харацинид также, по-видимому, происходит по типу экранолета.

Изучение летающих животных показало, что преимущества полета над экраном используют не только рыбы с их примитивными способностями к полету, а и птицы — наиболее приспособленные к полету животные.

Полет вблизи водного экрана используют представители самых различных отрядов птиц, одни чаще, другие реже (рис. 3). Таким способом летают пастушковые — лысуха, водяная курочка, погоныш и другие; некоторые кулики, особенно кулик-перевозчик. Очень распространен он у разных видов чаек, но реже встречается у крачек. Так летают цапли, аисты, нырковые утки, бакланы, буревестники, гагары и поганки. Даже

некоторые воробьиные, например грачи, вороны, ласточки, нередко прибегают к такому полету.

Во время полета птицы над водным экраном ее крылья при взмахе почти касаются воды — их отделяет от ее поверхности лишь несколько миллиметров. Вместе с тем никогда концы маховых перьев не ударяют по воде. Очевидно, такой совершенной регулировке высоты полета и амплитуды взмахов помогает нарастающее сопротивление воздуха при приближении к поверхности воды.

Полет над экраном всегда осуществляется при встречном, косом встречном, изредка при боковом ветре, а также в штилевую погоду. Но



Рис. 3. Полет над экраном лебедя-шипуна. Значительный угол атаки крыла и опущенные к поверхности воды концы крыльев, препятствующие боковому истечению воздуха, обеспечивают образование воздушной подушки (рисунок сделан по фотографии).

никогда птица не летит таким образом по ветру. Сказанное объясняет, почему на этот полет до сих пор не обращали внимания — считалось, что птица прижимается к воде, прячась от встречного ветра.

Визуальное сравнение полета чаек над экраном и вдали от него показывает, что в первом случае немного (примерно на 10%) увеличивается частота взмахов. Одновременно значительно (примерно на 15—20%) уменьшается их амплитуда и заметно (примерно на 20—30%) увеличивается скорость полета. Эти очень приблизительные визуальные наблюдения показывают, что скорость движения при полете над экраном достигается бóльшая с меньшей затратой энергии.

Об уменьшении энергетических затрат при полете над экраном говорят и другие факты. Оказывается, относительно наименее развитую летательную мускулатуру имеют птицы, летающие этим способом. Так, вес грудной мускулатуры — musculus pectoralis major и m. syprасоrасоideus—у не летающих над экраном составляет: у фазана около 20, у серой утки 22, у кулика фифи 23,2% веса тела. Вместе с тем у типичных экранолетов вес мускулов, приводящих в движение крыло, составляет: у чаек около 12, у лысухи 11, а у некоторых мелких пастушков даже 9% веса тела.

Многие тяжелые водные птицы после взлета с воды длительное время должны лететь над самым водным экраном, пока не разовьют достаточную скорость, чтобы оторваться от поверхности воды. Утка с перебитым кончиком крыла, быстро теряет высоту, но как только ляжет на воздушную подушку над водой, она может перейти на горизонтальный полет и нередко скрывается из вида, так и не опустившись на воду, хо-

тя при каждом взмахе кончик перебитого крыла цепляет водную поверхность.

Все это показывает, что полет над экраном у животных требует значительно меньших затрат энергии и меньшего совершенства летательного аппарата, чем обычный полет.

Что же может дать изучение такого полета для техники? Если изучение глиссерного движения животных может помочь в конструировании глиссеров, судов на подводных и воздушных крыльях, то в данном случае речь уже пойдет об авиации, правда, очевидно, только легкой индивидуальной авиации. Летательный аппарат, который в обычных условиях не может взлететь, вполне возможно, над водным экраном будет себя вести совсем иначе. В частности, испытателям махолетов или орнитоптеров — летательных аппаратов с машущими крыльями — надо начинать с полетов над водным экраном и только после усовершенствования такого аппарата и полета переходить к полету на больших высотах.

Можно выразить твердую уверенность, что если когда-либо человек полетит с помощью собственной мускульной силы, то при этом он прежде всего использует преимущества полета на воздушной подушке над водным экраном. И сейчас мы не должны особенно пессимистически смотреть на такую возможность. Ведь птицы-экранолеты имеют мускулатуру крыла, равную всего 10—12% веса тела, а вес ножных мускулов молодого физически хорошо развитого мужчины составляет свыше 20% веса всего тела.

ЛІТЕРАТУРА

Hubbs C. L. 1933. Observations on the flight of fishes, with a statistical study of the flight of the Cypseluridae and remarks on the flight of fishes. Pap. Michigan Ac. Sc. **17**.

Mohr E. 1954. Fliegende Fische. Die Neue Brehm-Bucherei.

GLIDING AND FLIGHT OF ANIMALS OVER A SCREEN

A. B. Kistiakovsky

(Kiev State University)

Summary

Some vertebrates use peculiar forms of movement. To speed up the take-off of the flying fishes of the genera *Exocoetus, Cypselurus* and others, gliding was applied. This form of movement is also met in various waterfowls. Development course in duckling feathering provides application of gliding before acquiring the ability to flight. Flight over the screen by the use of increased lift is mostly typical for the flying fishes; under certain conditions the birds of other orders are flying in the same manner, the water surface being as a screen. This bird flight is distinguished by the increasing of frequency of wing-beat and decreasing of their amplitude and increasing of the speed.